

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 1 L 21/205

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平5-194418

(22) 出願日 平成5年(1993)8月5日

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 吉田 哲久

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72) 発明者 出口 正洋

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72) 発明者 北畠 真

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(74) 代理人 弁理士 池内 寛幸 (外1名)

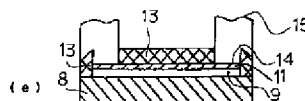
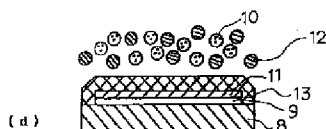
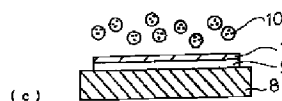
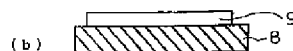
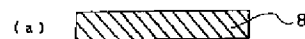
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ダイヤモンド半導体素子

(57) 【要約】

【目的】 生産性に優れ、高温で酸素の存在する雰囲気中でも特性の安定な p 型ダイヤモンド半導体素子を提供する。

【構成】 SiC等の基体8上に、マイクロ波プラズマCVD法等によりダイヤモンド薄膜9を形成し、真空中で900℃に加熱し、ジボランを導入して放電分解させるとともに、試料にバイアスを印加して、ホウ素を含んだガス及びイオン10をダイヤモンド薄膜9に照射・注入し、p型のドーピング層11を形成し、次いで水素希釈のジボランと、NH<sub>3</sub>の混合ガスを放電分解し、生成されるホウ素を含んだガス及びイオン10と、窒素を含んだガス及びイオン12によって、p型のドーピング層11上に絶縁性の窒化ホウ素保護膜13を形成後、コンタクトホール14の開口、及び電極15の形成を行ない、半導体素子を得る。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 基体上にp型ダイヤモンド半導体薄膜が形成され、更にその上にIII族元素を含む薄膜が形成されていることを特徴とするダイヤモンド半導体素子。

【請求項2】 少なくとも表層部がp型ダイヤモンド半導体からなるダイヤモンド基体上に、III族元素を含む薄膜が形成されていることを特徴とするダイヤモンド半導体素子。

【請求項3】 III族元素を含む薄膜が、窒化ホウ素薄膜である請求項1または2に記載のダイヤモンド半導体素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、半導体工業における半導体素子に関するものであり、特にダイヤモンドを主材料とした半導体素子に関するものである。

【0002】

【従来の技術】ダイヤモンド半導体は、禁制帯幅が極めて大きく、誘電率が他の半導体に比較してはるかに小さく従って高速動作に望まれる材料特性を有し、更に電子、正孔の移動度が大きく、このほか化学的に安定、光学的に高屈折率、紫外光から赤外光までの広範囲の透過性などの優れた特性を有し、耐熱素子、短波長発光素子、高発熱パワー素子などへの応用が期待されている。

【0003】従来のダイヤモンド半導体素子においては、Si等の基板上に形成したダイヤモンド半導体薄膜からなるダイヤモンド半導体素子（特開平1-143323）、あるいはダイヤモンド半導体薄膜上に絶縁性のダイヤモンド薄膜を保護膜として形成したダイヤモンド半導体素子（特開平2-271528）があった。

【0004】図4にSi等の基板上に形成したダイヤモンド半導体薄膜からなる上述した従来のダイヤモンド半導体素子の概略断面図を示した。図4において16は基板、17はダイヤモンド半導体薄膜、18は電極を示している。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】従来の技術で、Si基板上に形成したダイヤモンド半導体薄膜を直接用いる素子、あるいはダイヤモンド半導体薄膜上に絶縁性のダイヤモンド薄膜を保護膜として形成した素子は、酸素の存在する雰囲気中で使用する場合、800℃以上の温度でダイヤモンドがグラファイト化するため、作製した半導体素子の特性を劣化させ、所望の特性を得られなくなるという課題があった。

【0006】本発明は、上記従来のダイヤモンド半導体素子の欠点を改良し、800℃以上の温度での酸素の存在する雰囲気中で使用する場合においても、ダイヤモンド半導体がグラファイト化せず、特性の安定した薄膜ダイヤモンド半導体素子を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決するために本発明のダイヤモンド半導体素子は、基体上にp型ダイヤモンド半導体薄膜が形成され、更にその上にIII族元素を含む薄膜が形成されていることを特徴とする。

【0008】また、第2番目の本発明のダイヤモンド半導体素子は、少なくとも表層部がp型ダイヤモンド半導体からなるダイヤモンド基体上に、III族元素を含む薄膜が形成されていることを特徴とする。

【0009】また、前記いずれのダイヤモンド半導体素子の構成においても、III族元素を含む薄膜が、窒化ホウ素薄膜である事が好ましい。

【0010】

【作用】本発明のダイヤモンド半導体素子は、基体上に形成されているp型ダイヤモンド薄膜上に、または、少なくとも表層部がp型ダイヤモンド半導体からなるダイヤモンド基体上に、III族元素を含む薄膜を備えることにより、p型ダイヤモンド半導体薄膜が直接大気あるいは酸素を含んだ雰囲気中に晒されない。従って800℃以上の温度での酸素の存在する雰囲気中で使用する場合においても、ダイヤモンド半導体がグラファイト化せず、特性の安定した薄膜ダイヤモンド半導体素子が提供できる。

【0011】また、上記本発明のうち、少なくとも表層部がp型ダイヤモンド半導体からなるダイヤモンド基体の場合には、基体上にダイヤモンド薄膜を形成する工程が不要になるので、生産性のよいダイヤモンド半導体素子が提供できる。

【0012】またいずれの発明においても、III族元素を含む薄膜を形成する際に、基体上のダイヤモンド薄膜、あるいは、ダイヤモンド基体を構成するダイヤモンドへのp型のドーパントの導入と同時に或は連続してIII族元素を含む保護膜を形成することもでき、生産性を向上し得るダイヤモンド半導体素子が提供できる。

【0013】また、III族元素を含む薄膜が、窒化ホウ素薄膜である好ましい構成とすることにより、窒化ホウ素は耐熱性が高いので、より耐熱性の優れたダイヤモンド半導体素子を提供できる。

【0014】

【実施例】以下図面を参照しながら本発明の実施例について説明する。

実施例1

図1に本発明の第1の実施例のダイヤモンド半導体素子の製造工程概略図を示した。

【0015】真空容器内で、Si、石英、SiC、ダイヤモンド等の基体1〔図1の(a)〕に、水素希釈のCH<sub>4</sub>（メタン）、CO（一酸化炭素）、B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>（ジボラン）、B（CH<sub>3</sub>）<sub>3</sub>（トリメチルボロン）等を用い、2.45GHzのマイクロ波によるプラズマCVD法等によってp型のダイヤモンド薄膜2を形成する〔図1の(b)〕。この後に同じ真空容器内で試料（基板

1) の温度を調節し、水素希釈のジボラン、 $\text{NH}_3$  (アンモニア) ガスを真空容器中で高周波電力等で放電分解し、生成されるホウ素を含んだガス及びイオン3と、窒素を含んだガス及びイオン4によって、p型のダイヤモンド薄膜2上に絶縁性の窒化ホウ素からなる保護膜5を形成する[図1の(c)]。本実施例では、試料温度を300℃で、水素希釈5%のジボラン、及びアンモニアを真空容器内に導入後、圧力を1 Torrに調整し、マイクロ波プラズマCVD法により絶縁性の窒化ホウ素からなる保護膜を形成した。

【0016】ここで水素希釈5%のジボランの代わりに窒素希釈のジボランを用いてもよい。また放電分解を用いない場合には、試料温度を400℃以上に設定し、高濃度のジボランとアンモニアガスの熱分解を行って(減圧CVD法)形成する。

【0017】なお、以上の様な化学的な気相成長(CVD)法を用いずに、ホウ素のイオンあるいは蒸気と、窒素を含んだイオンあるいは分子の照射を同時に行うことによって(イオン蒸着併用法)、絶縁性の窒化ホウ素保護膜5を形成してもよい。また、絶縁性窒化ホウ素保護膜5の形成を、窒化ホウ素等をターゲットとしたスパッタリング法によって行ってもよい。また、III族元素を含む薄膜である保護膜としては窒化ホウ素以外でもよく、例えば窒化アルミニウムなどを使用してもよい。窒化ホウ素は、耐熱性がより高いので好ましい。

【0018】以上の様な方法により、p型のダイヤモンド薄膜2の形成と保護膜5の形成を同時、或は連続して行う。p型のダイヤモンド薄膜2、及び保護膜5を形成した後に、コンタクトホール6の開口、及び電極7の形成を行ない、半導体素子を完成させる[図1の(d)]。

【0019】作製されたダイヤモンド半導体素子は、p型の半導体特性を損なうことなく保護膜を形成することができるとともに、ダイヤモンド半導体薄膜が直接大気あるいは酸素を含んだ雰囲気中に晒されない。従って、生産性よく、信頼性の優れたダイヤモンド半導体素子を提供できる。

#### 【0020】実施例2

図2に本発明の第2の実施例のダイヤモンド半導体素子の製造工程概略図を示した。

【0021】Si、石英、SiC、ダイヤモンド等の基体8[図2の(a)]上に、マイクロ波プラズマCVD法等によりダイヤモンド薄膜9を形成する[図2の(b)]。この場合、ダイヤモンド薄膜を形成せずに、ダイヤモンド基板を直接用いてもよい。ダイヤモンド基板を直接用いた場合には、ダイヤモンド薄膜9を形成する工程を省略でき、生産性の上では有利である。

【0022】次にこの試料を真空容器に入れ、試料を900℃に加熱する。製造装置や作製する素子の構成によっては、ダイヤモンド薄膜9の形成後に連続して同一装

置内で行ってもよい。温度が安定した後に、ジボランを真空容器に導入して放電分解させるとともに、試料を載せる基板台にバイアスを印加することによって、ホウ素を含んだガス及びイオン10をダイヤモンド薄膜9に照射・注入し、p型のドーピング層11を形成する[図2の(c)]。ジボランの代わりに、トリメチルボロン、 $\text{BH}_3\text{NH}(\text{CH}_3)$ 、 $\text{BF}_3$ 等を用いてもよい。例えば、試料の温度を900℃とし、圧力を1 Torrに制御した0.5%水素希釈のジボランを13.56MHzの高周波で放電分解させ、気相からホウ素及びそのイオンをダイヤモンド薄膜9に照射・注入させることによって、p型のドーピング層11が形成される。このとき、ジボランの濃度、試料の温度、処理時間等によっては、基体8を載せる基板台へのバイアスの印加や、ジボランの放電分解を行わなくてもよい。また気相からホウ素を拡散させるのではなく、高濃度のジボランの放電分解等により、ホウ素被膜をダイヤモンド上に形成し、温度を800℃以上にすることでホウ素被膜からの熱拡散によってp型のドーピング層11を形成してもよい。この後に同じ真空容器内で試料(基体8)の温度を調節し、水素希釈のジボランと、 $\text{NH}_3$  (アンモニア)の混合ガスを真空容器中で高周波電力等で放電分解し、生成されるホウ素を含んだガス及びイオン10と、窒素を含んだガス及びイオン12によって、p型のドーピング層11上に絶縁性の窒化ホウ素からなる保護膜13を形成する[図2の(d)]。本実施例では、試料温度を300℃で、水素希釈5%のジボラン、及びアンモニアを真空容器内に導入後、圧力を1 Torrに調整し、プラズマCVD法により絶縁性の窒化ホウ素からなる保護膜を形成した。

【0023】ここで水素希釈5%のジボランの代わりに窒素希釈のジボランを用いてもよい。また放電分解を用いない場合には、試料温度を400℃以上に設定し、高濃度のジボランとアンモニアガスを用いた減圧CVD法で形成する。なお、以上の様なCVD法を用いずに、ホウ素イオンの照射を行ってp型のドーピング層11を形成した後、連続してホウ素のイオンあるいは蒸気と、窒素を含んだイオンあるいは分子の照射を同時に行うイオン蒸着併用法で、絶縁性の窒化ホウ素からなる保護膜13を形成してもよい。また、絶縁性窒化ホウ素保護膜13の形成を、窒化ホウ素等をターゲットとしたスパッタリング法によって行ってもよい。絶縁性窒化ホウ素保護膜13を以上の様な方法により、p型のドーピング層11の形成と保護膜13の形成を同時、或は連続して行う。

【0024】p型のドーピング層11、及び保護膜13を形成した後に、コンタクトホール14の開口、及び電極15の形成を行ない、半導体素子を完成させる[図2の(e)]。作製されたダイヤモンド半導体素子は、p型のドーパントの導入と同時に或は連続して保護膜を形成

することができるとともに、ダイヤモンド半導体薄膜が直接大気あるいは酸素を含んだ雰囲気には晒されない。従って、生産性よく、信頼性の優れたダイヤモンド素子を提供できる。

【0025】尚、III族元素を含む薄膜である保護膜13としては窒化ホウ素以外でもよく、例えば窒化アルミニウムなどを使用してもよい。窒化ホウ素は、耐熱性がより高いので好ましい。

【0026】また、図3に本実施例の薄膜ダイヤモンド素子の図2の(d)における素子の深さ方向の元素濃度分布の模式図を示した。図中Bがホウ素元素の濃度曲線、Cが炭素元素の濃度曲線、Siがシリコン元素の濃度曲線を示している。また、基板はSiCの場合である。

【0027】

【発明の効果】本発明により、800℃以上の温度での酸素の存在する雰囲気中で使用する場合においても、特性の安定した薄膜ダイヤモンド半導体素子を提供することが可能となる。またp型のドーパントの導入を、保護膜の形成と同時にあるいは連続しても行うことができるため、生産性のよい、信頼性の優れた薄膜素子を提供することができる。

【0028】また、少なくとも表層部がp型ダイヤモンド半導体からなるダイヤモンド基体を基体とした場合には、基体上にダイヤモンド薄膜を形成する工程が不要になるので、更に生産性のよいダイヤモンド半導体素子を提供できる。

【0029】また、III族元素を含む薄膜が、窒化ホウ素薄膜である好ましい構成とすることにより、より耐熱性の優れたダイヤモンド半導体素子を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る薄膜ダイヤモンド半導体素子の一実施例の製造工程を示す概略図。

【図2】本発明に係る薄膜ダイヤモンド半導体素子の別の実施例の製造工程を示す概略図。

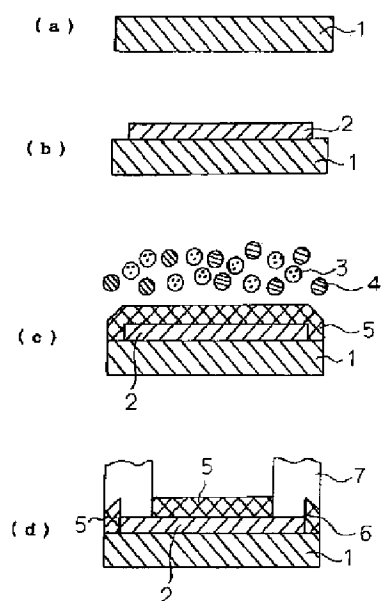
【図3】本発明に係る薄膜ダイヤモンド半導体素子に係る第2実施例の図2の(d)における深さ方向の元素濃度分布図。

【図4】従来技術に係る薄膜ダイヤモンド半導体素子の概略断面図。

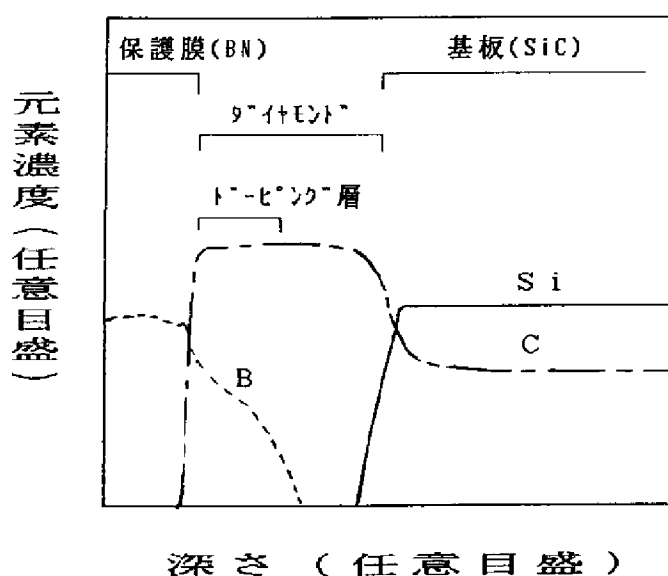
【符号の説明】

- 1 基板
- 2 p型のダイヤモンド薄膜
- 3 ホウ素を含んだガス及びイオン
- 4 窒素を含んだガス及びイオン
- 5 絶縁性の窒化ホウ素からなる保護膜
- 6 コンタクトホール
- 7 電極
- 8 基板
- 9 ダイヤモンド薄膜
- 10 ホウ素を含んだガス及びイオン
- 11 p型のドーピング層
- 12 窒素を含んだガス及びイオン
- 13 絶縁性の窒化ホウ素からなる保護膜
- 14 コンタクトホール
- 15 電極
- 16 基板
- 17 ダイヤモンド半導体薄膜
- 18 電極

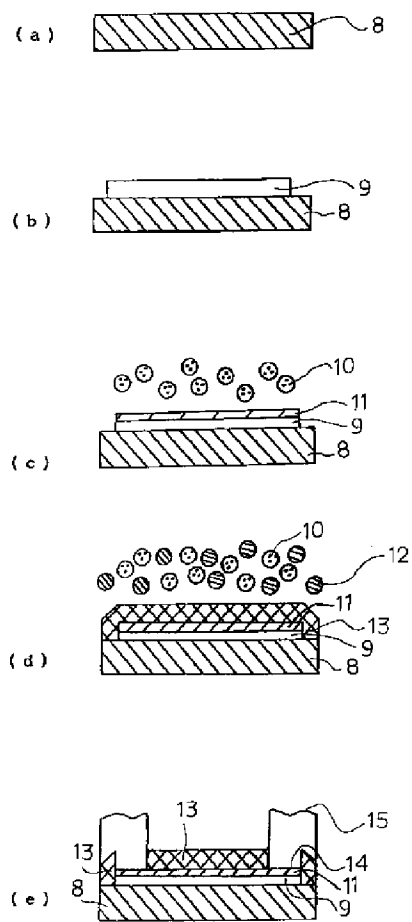
【図1】



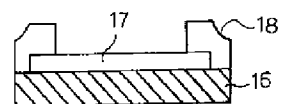
【図3】



【図 2】



【図 4】



フロントページの続き

(72) 発明者 平尾 孝

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内